

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 2002152762 A

(43) Date of publication of application: 24.05.02

(51) Int. Cl.

H04N 9/07  
G06T 5/20  
G06T 7/00  
H04N 1/409  
H04N 1/46  
H04N 1/60  
H04N 9/64

(21) Application number: 2001260095

(22) Date of filing: 29.08.01

(30) Priority: 30.08.00 JP 2000260730

(71) Applicant: NIKON CORP

(72) Inventor: CHIN SETSUKO  
ISHIGA KENICHI

(54) IMAGE PROCESSING APPARATUS AND  
RECORDING MEDIUM WITH IMAGE  
PROCESSING PROGRAM RECORDED THEREON

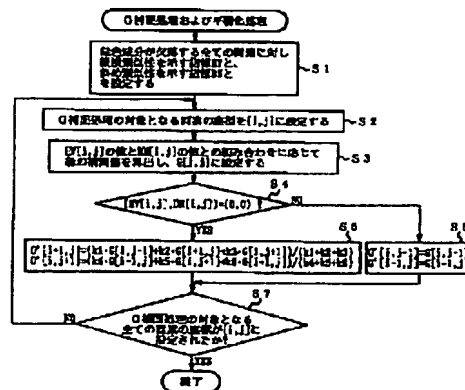
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an image processing apparatus smoothing image data and a recording medium on which an image processing program to allow a computer to realize the smoothing is recorded that smooth the image data while retaining the substantial structure of the image.

SOLUTION: The image processing unit applies selective smoothing to at least one color component of a target pixel depending on the correlation between the target pixel denoting a pixel to be noticed and pixels placed around the target pixel among pixels configuring the image data.

COPYRIGHT: (C)2002,JPO

図1の実施形態における画像処理部の動作フローチャート



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-152762

(P2002-152762A)

(43) 公開日 平成14年5月24日 (2002.5.24)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H 0 4 N 9/07		H 0 4 N 9/07	C 5 B 0 5 7
G 0 6 T 5/20		G 0 6 T 5/20	C 5 C 0 6 5
	7/00		2 5 0 5 C 0 6 6
H 0 4 N 1/409		H 0 4 N 9/64	R 5 C 0 7 7
1/46		1/40	1 0 1 C 5 C 0 7 9
審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 19 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願2001-260095(P2001-260095)

(22) 出願日 平成13年8月29日 (2001.8.29)

(31) 優先権主張番号 特願2000-260730(P2000-260730)

(32) 優先日 平成12年8月30日 (2000.8.30)

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 陳 浙宏

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(72) 発明者 石賀 健一

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

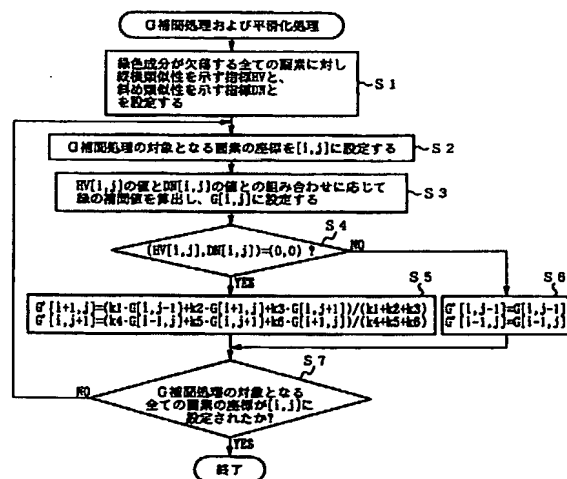
(54) 【発明の名称】 画像処理装置および画像処理プログラムを記録した記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 画像データに対して平滑化を行う画像処理装置および該平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体に関し、画像本来の構造を残しつつ平滑化を行うことを目的とする。

【解決手段】 画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素を示す着目画素と、該着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、該着目画素の少なくとも1つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う。

第1の実施形態における画像処理部の動作フローチャート



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数の画素で構成され、少なくとも 1 つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、  
画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素を示す着目画素と、該着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、該着目画素の少なくとも 1 つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う平滑化手段を備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 2】 請求項 1 に記載の画像処理装置において、  
前記平滑化手段は、  
前記着目画素および該着目画素に隣接する画素が有する少なくとも 1 つの色成分の色情報を用いて平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 3】 複数の画素で構成され、少なくとも 1 つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、  
画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素と、該画素の周辺に位置する画素との類似度を算出する類似度算出手段と、  
前記類似度算出手段で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手段と、  
前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素と、該画素の近傍に位置する画素とから選択した画素の少なくとも 1 つの色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 4】 請求項 3 に記載の画像処理装置において、  
前記平滑化手段は、  
平滑化の対象となる画素および該画素に隣接する画素が有する少なくとも 1 つの色成分の色情報を用いて平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 5】 複数の画素で構成され、少なくとも 1 つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、  
画像データを構成する複数の画素のうち、所定の周期で配置された画素に欠落する色成分の色情報を補間する補間手段と、  
前記補間手段で補間の対象となる画素毎に、少なくとも 2 つの異なる方向に対する類似度を算出する類似度算出手段と、  
前記類似度算出手段で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手段と、  
前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素に隣接する画素から選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手段とを備えたことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 6】 請求項 5 に記載の画像処理装置において、  
前記平滑化手段は、  
平滑化の対象となる画素および該画素に隣接する画素が有する色成分の色情報を用いて平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 7】 請求項 5 または請求項 6 に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、  
前記補間手段による補間に並行して平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 8】 請求項 5 ないし請求項 7 の何れか 1 項に記載の画像処理装置において、  
前記補間手段は、  
空間的な配置密度が最も高い色成分が欠落する画素を補間の対象とし、  
前記平滑化手段は、  
前記特定のグループに分類された画素に隣接する画素の前記空間的な配置密度が最も高い色成分の色情報に平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 9】 請求項 3、請求項 4、請求項 5、請求項 6 の何れか 1 項に記載の画像処理装置において、  
前記平滑化手段は、  
前記分類手段で前記特定のグループに分類された画素に隣接する画素が有する色成分の色情報に平滑化を行い、  
該分類手段で該特定のグループに分類されなかった画素に隣接する画素のうち、平滑化を行った画素が有する色成分の色情報を元の状態に復元することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 10】 請求項 9 に記載の画像処理装置において、  
前記平滑化手段は、  
前記分類手段で分類の対象となった画素を順次選択し、  
任意の時点で選択した画素が前記特定のグループに分類される場合、該画素に隣接し、かつ、該時点で選択されていない画素にも隣接する画素が有する色成分の色情報に平滑化を行い、  
該時点で選択した画素が該特定のグループに分類されない場合、該画素に隣接する画素のうち、既に平滑化を行った画素が有する色成分の色情報を元の状態に復元することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 11】 請求項 3、請求項 4、請求項 5、請求項 6 の何れか 1 項に記載の画像処理装置において、  
前記平滑化手段は、  
前記分類手段で前記特定のグループに分類された複数の画素に隣接する画素が有する色成分の色情報に平滑化を行うことを特徴とする画像処理装置。

【請求項 12】 請求項 3 ないし請求項 11 の何れか 1 項に記載の画像処理装置において、  
前記平滑化手段は、  
前記類似度算出手段で少なくとも 2 つの異なる方向に対して算出された類似度が同程度となる特徴を示すグルー

ブを、前記特定のグループとすることを特徴とする画像処理装置。

【請求項 13】 請求項 12 に記載の画像処理装置において、

前記平滑化手段は、

前記類似度算出手段で少なくとも 2 つの異なる方向に対して算出された類似度の差異が所定の閾値よりも小さい場合、該少なくとも 2 つの異なる方向に対する類似度が同程度であると判断することを特徴とする画像処理装置。

【請求項 14】 複数の画素で構成され、少なくとも 1 つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、

画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素を示す着目画素と、該着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、該着目画素の少なくとも 1 つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う平滑化手順をコンピュータで実現させることを特徴とする画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 15】 複数の画素で構成され、少なくとも 1 つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、

画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素と、該画素の周辺に位置する画素との類似度を算出する類似度算出手順と、

前記類似度算出手順で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手順と、

前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素と、該画素の近傍に位置する画素とから選択した画素の少なくとも 1 つの色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手順とをコンピュータで実現させることを特徴とする画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【請求項 16】 複数の画素で構成され、少なくとも 1 つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、

画像データを構成する複数の画素のうち、所定の周期で配置された画素に欠落する色成分の色情報を補間する補

$$\begin{aligned} G'r[i,j] &= (G[i,j-1] + G[i,j+1] + G[i-1,j] + G[i+1,j]) / 4 \\ &\quad + (4 \cdot R[i,j] - R[i,j-2] - R[i,j+2] - R[i-2,j] - R[i+2,j]) / 8 \\ &= (200 + 200 + 100 + 100) / 4 + (4 \cdot 150 - 150 - 150 - 150 - 150) / 8 \\ &= 150 \end{aligned}$$

同様に、他の画素の緑の補間値を算出すると、補間処理後に得られる緑色成分の色情報は、図 10 (2) のように、撮像素子の 1 画素ピッチに相当する間隔で周期的に変化するチェックパターンを示すことになる。

【0006】

間手順と、

前記補間手順で補間の対象となる画素毎に、少なくとも 2 つの異なる方向に対する類似度を算出する類似度算出手順と、

前記類似度算出手順で類似度が算出された画素の各々

を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手順と、

前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素に隣接する画素から選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手順とをコンピュータで実現させることを特徴とする画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、画像データに対して平滑化を行う画像処理装置および該平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体に関する。

【0002】

【従来の技術】電子カメラには、複数色のカラーフィルタが所定の位置に配置された撮像素子によって、カラー画像データを生成するものがある。このような電子カメラでは、撮像素子の個々の画素から 1 つの色成分の色情報しか出力されないため、画素単位で全ての色成分の色情報を得るために、補間処理が行われている。

【0003】このような補間処理としては、補間処理の対象となる補間対象画素と、補間対象画素の周辺に位置する周辺画素との空間的な類似性を判定し、類似性の強い方向に位置する周辺画素から出力される色情報を用いて補間値を算出する方法が従来から考えられている。このような方法では、補間対象画素が複数の方向に対して類似性が強い場合、補間値は周辺画素の色情報を均一に利用して算出するのが一般的である。

【0004】例えば、図 10 (1) のように、撮像素子の 1 画素ピッチに相当する間隔で色情報の値が周期的に変化し、各々の画素が複数の方向に同程度の類似性を示す画像データに対して補間処理を行う場合、座標  $[i,j]$  に位置する R (赤色) の色情報を有する画素に対する緑の補間値  $G'r[i,j]$  は、以下のように算出されることになる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】ところで、図 10

(1) に示すようなカラー画像データは、高密度のチェックパターンの被写体像が撮像された場合だけでなく、1 画素ピッチに相当する間隔の縦方向のストライプパターンや横方向のストライプパターンの被写体像が撮像され

た場合にも生成される。また、色の変化が全く無い被写体が撮像された場合であっても、撮像素子の奇数ラインと偶数ラインとのゲイン差や、光が撮像素子の内部に浸透する深さの波長依存性によって、高密度のチェックパターンのカラー画像データが生成されることが知られている。

【0007】すなわち、図10(1)に示すようなカラー画像データの原画像は、必ずしも高密度のチェックパターンであるとは限らない。図10(2)に示すような周期的な緑色成分の色情報の変化は、補間処理後の画像にノイズとして現れ、画質を著しく低下させるおそれがある。さらに、このようなノイズを含む画像を圧縮(JPEG等)して保存する場合、圧縮効率も悪化する。

【0008】そのため、電子カメラでは、カラー画像データから高密度のチェックパターンを除去するために、平滑化を行う対策がとられている。しかし、従来から行われている平滑化は、カラー画像データの全体を一様に平滑化しているため、色や輝度が細かく変化する部分の構造が破綻し、画像本来の解像度が低下するおそれがあった。なお、このような解像度の低下は、カラー画像データに限らず、モノクロの画像データであっても発生するおそれがある。

【0009】また、米国特許第5,596,367号明細書には、補間処理が完了したカラー画像データの平坦部を滑らかにするために、平坦部に属する画素に平滑化を行う技術が開示されている。しかし、このような技術では、上述した高密度のチェックパターンを除去することや、孤立輝点を除去することができない。そのため、上述した画質の低下や圧縮効率の悪化を十分に抑制することができない。

【0010】さらに、米国特許第5,596,367号明細書に開示されている技術では、平滑化の対象となる画素が属する局所領域に位置する画素だけでなく、その周辺に位置する画素の色情報を用いて平滑化が行われるため、局所領域の構造が破綻する可能性がある。また、米国特許第5,596,367号明細書に開示されている技術では、補間処理が完了してからでないと、平滑化を行うことができず、補間処理と平滑化とを並列に行うことができない。そのため、補間処理を開始してから平滑化が完了するまでに多大な時間を要する。

【0011】さらに、米国特許第5,596,367号明細書に開示されている技術では、各画素毎に特徴の分類結果を示す値(classifiers)を、補間処理と平滑化とが完了するまで保持し続ける必要があり、メモリを多大に占有してしまう。そこで、請求項1ないし請求項13に記載の発明は、画像本来の構造を残しつつ、平滑化が行える画像処理装置を提供することを目的とする。特に、請求項7は、補間を伴う平滑化を速やかに行うことができる画像処理装置を提供することを目的とする。

【0012】また、請求項14ないし請求項16に記載

の発明は、画像本来の構造を残しつつ、平滑化が行える画像処理プログラムを記録した記録媒体を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の画像処理装置は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素を示す着目画素と、該着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、該着目画素の少なくとも1つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う平滑化手段を備えたことを特徴とする。

【0014】なお、平滑化としては、平滑化の対象となる画素の色情報を、局所領域内の画素(平滑化の対象となる画素および該画素の周辺に位置する画素)の色成分の色情報を加重加算した値に置き換える方法等がある。請求項2に記載の画像処理装置は、請求項1に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記着目画素および該着目画素に隣接する画素が有する少なくとも1つの色成分の色情報を用いて平滑化を行うことを特徴とする。

【0015】請求項3に記載の画像処理装置は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素と、該画素の周辺に位置する画素との類似度を算出する類似度算出手段と、前記類似度算出手段で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手段と、前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素と、該画素の近傍に位置する画素とから選択した画素の少なくとも1つの色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手段とを備えたことを特徴とする。

【0016】請求項4に記載の画像処理装置は、請求項3に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、平滑化の対象となる画素および該画素に隣接する画素が有する少なくとも1つの色成分の色情報を用いて平滑化を行うことを特徴とする。

【0017】請求項5に記載の画像処理装置は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対して平滑化を行う画像処理装置において、画像データを構成する複数の画素のうち、所定の周期で配置された画素に欠落する色成分の色情報を補間する補間手段と、前記補間手段で補間の対象となる画素毎に、少なくとも2つの異なる方向に対する類似度を算出する類似度算出手段と、前記類似度算出手段で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手段と、前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素に隣接する画素から選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を

行う平滑化手段とを備えたことを特徴とする。

【0018】なお、類似度算出手段は、補間手段によって補間が完了した状態で、類似度を算出しても良いし、補間が完了する前の状態で、類似度を算出しても良い。また、補間手段では、補間に際して類似度を用いる場合、類似度算出手段で算出される類似度を用いても良いし、別途、類似度を算出しても良い。請求項6に記載の画像処理装置は、請求項5に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、平滑化の対象となる画素および該画素に隣接する画素が有する色成分の色情報を用いて

平滑化を行うことを特徴とする。

【0019】請求項7に記載の画像処理装置は、請求項5または請求項6に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記補間手段による補間に並行して平滑化を行うことを特徴とする。請求項8に記載の画像処理装置は、請求項5ないし請求項7の何れか1項に記載の画像処理装置において、前記補間手段は、空間的な配置密度が最も高い色成分が欠落する画素を補間の対象とし、前記平滑化手段は、前記特定のグループに分類された画素に隣接する画素の前記空間的な配置密度が最も

高い色成分の色情報に平滑化を行うことを特徴とする。

【0020】請求項9に記載の画像処理装置は、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6の何れか1項に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記分類手段で前記特定のグループに分類された画素に隣接する画素が有する色成分の色情報に平滑化を行い、該分類手段で該特定のグループに分類されなかった画素に隣接する画素のうち、平滑化を行った画素が有する色成分の色情報を元の状態に復元することを特徴とする。

【0021】請求項10に記載の画像処理装置は、請求項9に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記分類手段で分類の対象となった画素を順次選択し、任意の時点で選択した画素が前記特定のグループに分類される場合、該画素に隣接し、かつ、該時点で選択されていない画素にも隣接する画素が有する色成分の色情報に平滑化を行い、該時点で選択した画素が該特定のグループに分類されない場合、該画素に隣接する画素のうち、既に平滑化を行った画素が有する色成分の色情報を元の状態に復元することを特徴とする。

【0022】請求項11に記載の画像処理装置は、請求項3、請求項4、請求項5、請求項6の何れか1項に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記分類手段で前記特定のグループに分類された複数の画素に隣接する画素が有する色成分の色情報に平滑化を行うことを特徴とする。請求項12に記載の画像処理装置は、請求項3ないし請求項11の何れか1項に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記類似度算出手段で少なくとも2つの異なる方向に対して算出された類似度が同程度となる特徴を示すグループを、前記特定の

【0023】請求項13に記載の画像処理装置は、請求項12に記載の画像処理装置において、前記平滑化手段は、前記類似度算出手段で少なくとも2つの異なる方向に対して算出された類似度の差異が所定の閾値よりも小さい場合、該少なくとも2つの異なる方向に対する類似度が同程度であると判断することを特徴とする。請求項14に記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素を示す着目画素と、該着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、該着目画素の少なくとも1つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う平滑化手順をコンピュータで実現させることを特徴とする。

【0024】請求項15に記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、画像データを構成する複数の画素のうち、着目する画素と、該画素の周辺に位置する画素との類似度を算出する類似度算出手順と、前記類似度算出手順で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手順と、前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素と、該画素の近傍に位置する画素とから選択した画素の少なくとも1つの色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手順とをコンピュータで実現させることを特徴とする画像処理プログラムを記録した記録媒体。

【0025】請求項16に記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体は、複数の画素で構成され、少なくとも1つの色成分を含む画像データに対する平滑化をコンピュータで実現させるための画像処理プログラムを記録した記録媒体において、画像データを構成する複数の画素のうち、所定の周期で配置された画素に欠落する色成分の色情報を補間する補間手順と、前記補間手順で補間の対象となる画素毎に、少なくとも2つの異なる方向に対する類似度を算出する類似度算出手順と、前記類似度算出手順で類似度が算出された画素の各々を、該類似度の特徴が異なる複数のグループの何れかに分類する分類手順と、前記複数のグループのうち、特定のグループに分類された画素に隣接する画素から選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う平滑化手順とをコンピュータで実現させることを特徴とする。

【0026】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づいて、本発明の実施形態について詳細を説明する。ただし、第1の実施形態ないし第3の実施形態では、本発明の画像処理装置が行う画像処理の機能を備えた電子カメラを用いて説明を行う。図1は、第1の実施形態ないし第3の実施形態

に対応する電子カメラの機能ブロック図である。

【0027】図1において、電子カメラ1は、A/D変換部10、画像処理部（例えば、画像処理専用のチップ・マイクロプロセッサ）11、制御部12、メモリ13、圧縮／伸長部14、表示画像生成部15を備えていると共に、メモリカード（カード状のリムーバブルメモリ）16とのインタフェースをとるメモリカード用インタフェース部17および所定のケーブルや無線伝送路を介してPC（パーソナルコンピュータ）18等の外部装置とのインタフェースをとる外部インタフェース部19を備えており、これらはバスを介して相互に接続される。

【0028】また、電子カメラ1は、撮影光学系20、撮像素子21、アナログ信号処理部22、タイミング制御部23を備えており、撮像素子21には撮影光学系20を介して光学像が結像し、撮像素子21の出力は、アナログ信号処理部22に接続され、アナログ信号処理部22の出力は、A/D変換部10に接続され、タイミング制御部23には制御部12の出力が接続され、タイミング制御部23の出力は、撮像素子21、アナログ信号処理部22、A/D変換部10、画像処理部11に接続される。

【0029】さらに、電子カメラ1は、リリースボタンやモード切り換え用の選択ボタン等に相当する操作部24およびモニタ25を備えており、操作部24の出力は制御部12に接続され、モニタ25には表示画像生成部15の出力が接続される。なお、PC18には、ディスプレイ26やプリンタ27等が接続されており、CD-ROM28に記録されたアプリケーションプログラムが予めインストールされているものとする。また、PC18は、不図示のCPU、メモリ、ハードディスクの他に、メモリカード16とのインタフェースをとるメモリカード用インタフェース部（図示省略）や所定のケーブルや無線伝送路を介して電子カメラ1等の外部装置とのインタフェースをとる外部インタフェース部（図示省略）を備えている。

【0030】図1のような構成の電子カメラ1において、操作部24を介し、操作者によって撮影モードが選択されてリリースボタンが押されると、制御部12は、タイミング制御部23を介して、撮像素子21、アナログ信号処理部22、A/D変換部10に対するタイミング制御を行う。撮像素子21は、光学像に対応する画像信号を生成し、その画像信号は、アナログ信号処理部22で所定の信号処理が行われ、A/D変換部10でデジタル化され、画像データとして、画像処理部11に供給される。画像処理部11は、画像データに対し、後述する補間処理や平滑化処理を行う他に、γ補正や輪郭強調の画像処理を行う。画像処理が完了した画像データは、必要に応じて、圧縮／伸長部14で所定の圧縮処理が施され、メモリカード用インタフェース部17を介し

てメモリカード16に記録される。

【0031】なお、画像処理が完了した画像データは、圧縮処理を施さずにメモリカード16に記録したり、PC18側のディスプレイ26やプリンタ27で採用されている表色系に変換して、外部インタフェース部19を介してPC18に供給しても良い。また、操作部24を介し、操作者によって再生モードが選択されると、メモリカード16に記録されている画像データは、メモリカード用インタフェース部17を介して読み出されて圧縮／伸長部12で伸長処理が施され、表示画像生成部15を介してモニタ25に表示される。

【0032】なお、伸長処理が施された画像データは、モニタ25に表示せず、PC18側のディスプレイ26やプリンタ27で採用されている表色系に変換して、外部インタフェース部19を介してPC18に供給しても良い。

【0033】図2は、第1の実施形態および第2の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図である。なお、図2では、R、G、Bを用いて色成分の種類を示し、座標[X,Y]の値を用いて各々の色成分が存在する画素の位置を示している。仮に、補間処理の対象となる補間対象画素の座標を[i,j]とすると、図2は、補間対象画素を中心とする7×7の画素の配列を示していることになる。また、図2（1）は、赤色成分が存在する画素を補間対象画素とした場合の配列を示し、図2

（2）は、青色成分が存在する画素を補間対象画素とした場合の配列を示す。

【0034】ところで、第1の実施形態および第2の実施形態において、画像処理部11は、緑色成分が欠落する画素に緑の補間値を補う補間処理（以下、「G補間処理」と称する。）を行うと共に、緑色成分が欠落する画素の周辺に位置する周辺画素の平滑化処理を行い、その後、赤色成分や青色成分が欠落する画素に赤の補間値や青の補間値を補う補間処理を行う。ただし、青の補間値や赤の補間値を補う補間処理は、従来と同様に行えるため、説明を省略する。

【0035】また、第1の実施形態および第2の実施形態では、説明を簡単にするため、G補間処理における補間対象画素の座標を[i,j]とすると共に、補間対象画素の色成分の種類（赤または青）に関係なく、緑の補間値を算出することができるため、図2のRおよびBをZに置き換えて、補間対象画素の色情報をZ[i,j]によって表現し、他の画素の色情報についても同様に表現する。

【0036】さらに、第1の実施形態ないし第3の実施形態では、G補間処理や平滑化処理の結果をG'[X,Y]に設定するが、G'[X,Y]のうち、緑色成分の色成分が存在する画素に対応するものについては、初期値として、緑色成分の色成分G[X,Y]が設定されているものとする。

《第1の実施形態》図3は、第1の実施形態における画像処理部11の動作フローチャートであるが、画像処理

部 11 の動作のうち、G 補間処理および平滑化処理の動作を示している。

【0037】以下、第 1 の実施形態の動作を説明するが、ここでは、図 3 を参照して画像処理部 11 による G 補間処理および平滑化処理の動作を説明し、他の動作の説明は省略する。なお、第 1 の実施形態は、請求項 1、請求項 2、請求項 5 ないし請求項 10、請求項 12、請求項 13 に対応する。まず、画像処理部 11 は、緑色成分が欠落する全ての画素に対し、縦方向および横方向の類似度を算出して、縦方向および横方向の類似性（以下、「縦横類似性」と称する。）を示す指標 HV を設定すると共に、斜め方向の類似度を算出して、斜め方向の類似性（以下、「斜め類似性」と称する。）を示す指標 DN を設定する（図 3 S1）。

【0038】ただし、第 1 の実施形態では、横方向よりも縦方向の類似性が高い画素に対しては指標 HV[i,j] に 1 を設定し、縦方向よりも横方向の類似性が高い画素に

対しては指標 HV[i,j] に -1 を設定し、縦横間で類似性に区別がつかない画素に対しては指標 HV に 0 を設定するものとする。また、斜め 135 度方向よりも斜め 45 度方向の類似性が高い画素に対しては指標 DN[i,j] に 1 を設定し、斜め 45 度方向よりも斜め 135 度方向の類似性が高い画素に対しては指標 DN[i,j] に -1 を設定し、斜め方向間で類似性に区別がつかない画素に対しては指標 DN[i,j] に 0 を設定するものとする。

【0039】例えば、緑色成分が欠落する全ての画素に対し、指標 HV と指標 DN とを設定する処理は、[i,j] に緑色成分が欠落する画素の座標を順次設定して、以下に示す処理を繰り返し行うことによって実現できる。まず、画像処理部 11 は、以下の式 10～式 21 によって定義される縦方向および横方向に対する複数種類の類似度成分を算出する。

【0040】

縦方向の GG 間類似度成分：Cv1[i,j]=|G[i,j-1]-G[i,j+1]| …式 10

横方向の GG 間類似度成分：Ch1[i,j]=|G[i-1,j]-G[i+1,j]| …式 11

縦方向の BB (RR) 間類似度成分：

Cv2[i,j]=(|Z[i-1,j-1]-Z[i-1,j+1]|+|Z[i+1,j-1]-Z[i+1,j+1]|)/2 …式 12

横方向の BB (RR) 間類似度成分：

Ch2[i,j]=(|Z[i-1,j-1]-Z[i+1,j-1]|+|Z[i-1,j+1]-Z[i+1,j+1]|)/2 …式 13

縦方向の RR (BB) 間類似度成分：

Cv3[i,j]=(|Z[i,j-2]-Z[i,j]|+|Z[i,j+2]-Z[i,j]|)/2 …式 14

横方向の RR (BB) 間類似度成分：

Ch3[i,j]=(|Z[i-2,j]-Z[i,j]|+|Z[i+2,j]-Z[i,j]|)/2 …式 15

縦方向の GR (GB) 間類似度成分：

Cv4[i,j]=(|G[i,j-1]-Z[i,j]|+|G[i,j+1]-Z[i,j]|)/2 …式 16

横方向の GR (GB) 間類似度成分：

Ch4[i,j]=(|G[i-1,j]-Z[i,j]|+|G[i+1,j]-Z[i,j]|)/2 …式 17

縦方向の BG (RG) 間類似度成分：

Cv5[i,j]=(|Z[i-1,j-1]-G[i-1,j]|+|Z[i-1,j+1]-G[i-1,j]|  
+|Z[i+1,j-1]-G[i+1,j]|+|Z[i+1,j+1]-G[i+1,j]|)/4 …式 18

横方向の BG (RG) 間類似度成分：

Ch5[i,j]=(|Z[i-1,j-1]-G[i,j-1]|+|Z[i-1,j+1]-G[i,j+1]|  
+|Z[i+1,j-1]-G[i,j-1]|+|Z[i+1,j+1]-G[i,j+1]|)/4 …式 19

縦方向の輝度間類似度成分：

Cv6[i,j]=(|Y[i,j-1]-Y[i,j]|+|Y[i,j+1]-Y[i,j]|)/2 …式 20

横方向の輝度間類似度成分：

Ch6[i,j]=(|Y[i-1,j]-Y[i,j]|+|Y[i+1,j]-Y[i,j]|)/2 …式 21

ただし、式 20 および式 21 において、Y[i,j] は、

Y[i,j]=(4·A[i,j]+2·(A[i,j-1]+A[i,j+1]+A[i-1,j]+A[i+1,j])  
+A[i-1,j-1]+A[i-1,j+1]+A[i+1,j-1]+A[i+1,j+1])/16 …式 22

によって算出される値であり、周辺画素の色成分の色情報を R:G:B=1:2:1 の比で平均化するフィルタリング処理で生成される輝度に相当する。なお、A[i,j] は、ペイア配列上の任意の色情報を表し、配置場所に応じて G または Z の値をとる。

【0041】ところで、上述した式 16 ないし式 19 に

において、絶対値でくくられる項は、隣接する 2 つの画素の色情報で構成されており、一般的な類似度の算出に用いられるラプラシアン の 2 次式と異なり、隣接する 2 つの画素間の傾斜を示している。そのため、式 16 ないし式 19 によって算出される類似度成分には、一画素ピッチで変化するチェックパターンのような微細構造におけ



る類似性の判定を可能にする機能が備わっていることになる。

【0042】ただし、このような類似度成分は、色の違いを無視して算出されるので、取り扱いが非常に難しく、取り扱い方によっては、類似性の強弱を誤判定させるおそれがある。そこで、以下では、高精度で類似性の判定が行える類似度を算出するために、式16ないし式19によって算出される類似度成分（異色の色情報を用いた類似度成分）と、式10ないし式15によって算出

$$\begin{aligned} \text{Cv0}[i,j] &= (a1 \cdot \text{Cv1}[i,j] + a2 \cdot \text{Cv2}[i,j] + a3 \cdot \text{Cv3}[i,j] + a4 \cdot \text{Cv4}[i,j] \\ &\quad + a5 \cdot \text{Cv5}[i,j] + a6 \cdot \text{Cv6}[i,j]) / (a1 + a2 + a3 + a4 + a5 + a6) \cdots \text{式 2 3} \\ \text{Ch0}[i,j] &= (a1 \cdot \text{Ch1}[i,j] + a2 \cdot \text{Ch2}[i,j] + a3 \cdot \text{Ch3}[i,j] + a4 \cdot \text{Ch4}[i,j] \\ &\quad + a5 \cdot \text{Ch5}[i,j] + a6 \cdot \text{Ch6}[i,j]) / (a1 + a2 + a3 + a4 + a5 + a6) \cdots \text{式 2 4} \end{aligned}$$

なお、式23および式24において、加重係数 $a1, a2, a3, a4, a5, a6$ の比率としては、例えば、「 $a1:a2:a3:a4:a5:a6=2:1:1:4:4:12$ 」などが考えられる。

【0044】ところで、式23および式24で算出した $\text{Cv0}[i,j]$ および $\text{Ch0}[i,j]$ は、そのまま、緑色成分が欠落する画素の縦方向の類似度および横方向の類似度とすることができるが、ここでは、縦方向および横方向に対する複数種類の類似度成分の算出および加重加算を、緑色成分が欠落する画素に対してだけでなく、周辺画素に対しても行い、このような加重加算によって得られた値を

《方法1》

$$\begin{aligned} \text{Cv}[i,j] &= (4 \cdot \text{Cv0}[i,j] + \text{Cv0}[i-1,j-1] + \text{Cv0}[i-1,j+1] \\ &\quad + \text{Cv0}[i+1,j-1] + \text{Cv0}[i+1,j+1]) / 8 \cdots \text{式 2 5} \\ \text{Ch}[i,j] &= (4 \cdot \text{Ch0}[i,j] + \text{Ch0}[i-1,j-1] + \text{Ch0}[i-1,j+1] \\ &\quad + \text{Ch0}[i+1,j-1] + \text{Ch0}[i+1,j+1]) / 8 \cdots \text{式 2 6} \end{aligned}$$

《方法2》

$$\begin{aligned} \text{Cv}[i,j] &= (4 \cdot \text{Cv0}[i,j] \\ &\quad + 2 \cdot (\text{Cv0}[i-1,j-1] + \text{Cv0}[i+1,j-1] + \text{Cv0}[i-1,j+1] + \text{Cv0}[i+1,j+1]) \\ &\quad + \text{Cv0}[i,j-2] + \text{Cv0}[i,j+2] + \text{Cv0}[i-2,j] + \text{Cv0}[i+2,j]) / 16 \cdots \text{式 2 7} \\ \text{Ch}[i,j] &= (4 \cdot \text{Ch0}[i,j] \\ &\quad + 2 \cdot (\text{Ch0}[i-1,j-1] + \text{Ch0}[i+1,j-1] + \text{Ch0}[i-1,j+1] + \text{Ch0}[i+1,j+1]) \\ &\quad + \text{Ch0}[i,j-2] + \text{Ch0}[i,j+2] + \text{Ch0}[i-2,j] + \text{Ch0}[i+2,j]) / 16 \cdots \text{式 2 8} \end{aligned}$$

ここで、《方法1》は、図4(1)に示すようにして緑色成分が欠落する画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算を行うことに相当し、《方法2》は、図4(2)に示すようにして緑色成分が欠落する画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算を行うことに相当する。

【0047】そのため、縦方向の類似度 $\text{Cv}[i,j]$ および横方向の類似度 $\text{Ch}[i,j]$ は、補間対象画素と補間対象画素の近傍に位置する画素とにおける色情報の連続性が反映され易い。特に、《方法2》によって算出される縦方向の類似度 $\text{Cv}[i,j]$ および横方向の類似度 $\text{Ch}[i,j]$ は、広範囲に位置する画素の色成分の色情報が反映されるため、例えば、倍率色収差が大きい画像に対する類似性の判定に有効である。

【0048】なお、縦方向の類似度 $\text{Cv}[i,j]$ および横方

される類似度成分（同色の色情報を用いた類似度成分）と、式20および式21によって算出される類似度成分（輝度を用いた類似度成分）とを加重加算することにする。

【0043】すなわち、画像処理部11は、以下の式23および式24に示すようにして、加重係数 $a1, a2, a3, a4, a5, a6$ によって、複数種類の類似度成分を各々の方向毎に加重加算する。

方向別に加重加算して、縦方向の類似度および横方向の類似度を算出する例を示す。

【0045】すなわち、画像処理部11は、緑色成分が欠落する画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算の結果（ $\text{Cv0}[i,j]$ 、 $\text{Cv0}[i-1,j-1]$ 、 $\text{Cv0}[i-1,j+1]$ 、 $\text{Cv0}[i+1,j-1]$ 、 $\text{Cv0}[i+1,j+1]$ など）を、以下の《方法1》または《方法2》のように加重加算して、緑色成分が欠落する画素の縦方向の類似度 $\text{Cv}[i,j]$ および横方向の類似度 $\text{Ch}[i,j]$ を算出する。

【0046】

向の類似度 $\text{Ch}[i,j]$ は、値が小さい程、類似性が強いことを示す。画像処理部11は、以上説明したようにして縦方向の類似度 $\text{Cv}[i,j]$ および横方向の類似度 $\text{Ch}[i,j]$ を算出すると、任意の閾値 $T1$ について、

$$|\text{Cv}[i,j] - \text{Ch}[i,j]| > T1 \quad \text{かつ} \quad \text{Cv}[i,j] < \text{Ch}[i,j]$$

が成り立つ場合、横方向よりも縦方向の類似性が強いと判定して指標 $\text{HV}[i,j]$ に1を設定し、

$$|\text{Cv}[i,j] - \text{Ch}[i,j]| > T1 \quad \text{かつ} \quad \text{Cv}[i,j] > \text{Ch}[i,j]$$

が成り立つ場合、縦方向よりも横方向の類似性が強いと判定して指標 $\text{HV}[i,j]$ に-1を設定し、

$$|\text{Cv}[i,j] - \text{Ch}[i,j]| \leq T1$$

が成り立つ場合、縦横間で類似性に区別がつかないと判定して指標 $\text{HV}[i,j]$ に0を設定する。ここで、縦横間で類似性に区別がつかないとは、縦方向と横方向とに対する類似性が強い、または、縦方向と横方向とに対する類

似性が弱い、または、縦方向と横方向とに対する類似性が均等であることに相当し、平坦部または孤立輝点または高密度のチェックパターンである可能性が高いことを意味する。

【0049】なお、閾値T1は、縦方向の類似度Cv[i,j]と横方向の類似度Ch[i,j]との差異が微小である場合、ノイズの影響によって一方の類似性が強いと誤判定され

ることを避ける役割を果たす。そのため、閾値T1の値を高く設定することによって、ノイズの多い画像に対し、縦横類似性の判定の精度を高めることができる。次に、画像処理部11は、以下の式29～式36によって定義される斜め45度方向および斜め135度方向に対する複数種類の類似度成分を算出する。

【0050】

斜め45度方向のGG間類似度成分：

$$C45\_1[i,j] = (|G[i,j-1] - G[i-1,j]| + |G[i+1,j] - G[i,j+1]|) / 2 \quad \cdots \text{式 29}$$

斜め135度方向のGG間類似度成分：

$$C135\_1[i,j] = (|G[i,j-1] - G[i+1,j]| + |G[i-1,j] - G[i,j+1]|) / 2 \quad \cdots \text{式 30}$$

斜め45度方向のBB(RR)間類似度成分：

$$C45\_2[i,j] = |Z[i+1,j-1] - Z[i-1,j+1]| \quad \cdots \text{式 31}$$

斜め135度方向のBB(RR)間類似度成分：

$$C135\_2[i,j] = |Z[i-1,j-1] - Z[i+1,j+1]| \quad \cdots \text{式 32}$$

斜め45度方向のRR(BB)間類似度成分：

$$C45\_3[i,j] = (|Z[i+2,j-2] - Z[i,j]| + |Z[i-2,j+2] - Z[i,j]|) / 2 \quad \cdots \text{式 33}$$

斜め135度方向のRR(BB)間類似度成分：

$$C135\_3[i,j] = (|Z[i-2,j-2] - Z[i,j]| + |Z[i+2,j+2] - Z[i,j]|) / 2 \quad \cdots \text{式 34}$$

斜め45度方向のBR(RB)間類似度成分：

$$C45\_4[i,j] = (|Z[i+1,j-1] - Z[i,j]| + |Z[i-1,j+1] - Z[i,j]|) / 2 \quad \cdots \text{式 35}$$

斜め135度方向のBR(RB)間類似度成分：

$$C135\_4[i,j] = (|Z[i-1,j-1] - Z[i,j]| + |Z[i+1,j+1] - Z[i,j]|) / 2 \quad \cdots \text{式 36}$$

次に、画像処理部11は、以下の式37および式38の

似度成分を各々の方向毎に加重加算する。

ように、加重係数b1,b2,b3,b4によって、複数種類の類

【0051】

$$C45\_0[i,j] = (b1 \cdot C45\_1[i,j] + b2 \cdot C45\_2[i,j] + b3 \cdot C45\_3[i,j] + b4 \cdot C45\_4[i,j]) / (b1 + b2 + b3 + b4) \quad \cdots \text{式 37}$$

$$C135\_0[i,j] = (b1 \cdot C135\_1[i,j] + b2 \cdot C135\_2[i,j] + b3 \cdot C135\_3[i,j] + b4 \cdot C135\_4[i,j]) / (b1 + b2 + b3 + b4) \quad \cdots \text{式 38}$$

なお、式37および式38において、加重係数b1,b2,b3,b4の比率としては、例えば、「b1:b2:b3:b4=2:1:1:2」などが考えられる。

【0052】また、斜め45度方向および斜め135度方向に対する複数種類の類似度成分の算出および加重加算は、前述した縦方向および横方向に対する複数種類の類似度成分と同様に、緑色成分が欠落する画素に対してだけでなく周辺画素に対しても行う。画像処理部11は、緑色成分が欠落する画素と周辺画素とにおける類似度成

分の加重加算の結果 (C45\_0[i,j]、C45\_0[i-1,j-1]、C45\_0[i-1,j+1]、C45\_0[i+1,j-1]、C45\_0[i+1,j+1]など) を、以下の《方法1》または《方法2》のように加重加算して、緑色成分が欠落する画素の斜め45度方向の類似度Cv[i,j]および斜め135度方向の類似度Ch[i,j]を算出する (図4(1)、(2)に示すように緑色成分が欠落する画素と周辺画素とにおける類似度成分の加重加算を行うことに相当する)。

【0053】

《方法1》

$$C45[i,j] = (4 \cdot C45\_0[i,j] + C45\_0[i-1,j-1] + C45\_0[i+1,j-1] + C45\_0[i-1,j+1] + C45\_0[i+1,j+1]) / 8 \quad \cdots \text{式 39}$$

$$C135[i,j] = (4 \cdot C135\_0[i,j] + C135\_0[i-1,j-1] + C135\_0[i+1,j-1] + C135\_0[i-1,j+1] + C135\_0[i+1,j+1]) / 8 \quad \cdots \text{式 40}$$

《方法2》

$$C45[i,j] = (4 \cdot C45\_0[i,j] + 2 \cdot (C45\_0[i-1,j-1] + C45\_0[i+1,j-1] + C45\_0[i-1,j+1] + C45\_0[i+1,j+1]) + C45\_0[i,j-2] + C45\_0[i,j+2] + C45\_0[i-2,j] + C45\_0[i+2,j]) / 16 \quad \cdots \text{式 41}$$

$$C135[i,j] = (4 \cdot C135\_0[i,j] + 2 \cdot (C135\_0[i-1,j-1] + C135\_0[i+1,j-1] + C135\_0[i-1,j+1] + C135\_0[i+1,j+1]) + C135\_0[i,j-2] + C135\_0[i,j+2] + C135\_0[i-2,j] + C135\_0[i+2,j]) / 16 \quad \cdots \text{式 42}$$

なお、このようにして算出される斜め45度方向の類似度  $C45[i,j]$  および斜め135度方向の類似度  $C135[i,j]$  において、複数種類の類似度成分や周辺画素との加重加算は、前述した縦方向の類似度  $Cv[i,j]$  および横方向の類似度  $Ch[i,j]$  と同様の役割を果たす。また、第1の実施形態において、斜め45度方向の類似度  $C45[i,j]$  および斜め135度方向の類似度  $C135[i,j]$  は、値が小さい程、類似性が強いことを示す。

【0054】画像処理部11は、以上説明したようにして斜め45度方向の類似度  $C45[i,j]$  および斜め135度方向の類似度  $C135[i,j]$  を算出すると、任意の閾値  $T2$  について、

$|C45[i,j] - C135[i,j]| > T2$  かつ  $C45[i,j] < C135[i,j]$

が成り立つ場合、斜め135度方向よりも斜め45度方向の類似性が強いと判定して指標  $DN[i,j]$  に1を設定し、

$|C45[i,j] - C135[i,j]| > T2$  かつ  $C45[i,j] > C135[i,j]$

が成り立つ場合、斜め45度方向よりも斜め135度方向の類似性が強いと判定して指標  $DN[i,j]$  に-1を設定し、

$|C45[i,j] - C135[i,j]| \leq T2$

が成り立つ場合、斜め方向間で類似性に区別がつかないと判定して指標  $DN[i,j]$  に0を設定する。ここで、斜め方向間で類似性に区別がつかないとは、斜め方向に対する類似性が強い、または、斜め方向に対する類似性が弱い、または、斜め方向に対する類似性が均等であることに相当し、平坦部または孤立輝点または高密度のチェックパターンである可能性が高いことを意味する。

【0055】なお、閾値  $T2$  は、前述した閾値  $T1$  と同様に、ノイズの影響によって一方の類似性が強いと誤判定されることを避ける役割を果たす。以上説明したようにして、緑色成分が欠落する画素毎に、縦横類似性を示す指標  $HV$  と斜め類似性を示す指標  $DN$  とを設定すると、画像処理部11は、 $G$  補間処理を行うべき画素の座標を  $[i,j]$  に設定する(図3S2)。

【0056】なお、図3S2の処理は繰り返し行われるが、このような繰り返しの過程において、 $[i,j]$  には、画像の左上から右下に至るまでの画素のうち、緑色成分が欠落する画素の座標が順次設定されるものとする。次に、画像処理部11は、縦横類似性を示す指標  $HV[i,j]$

の値と斜め類似性を示す指標  $DN[i,j]$  の値との組み合わせに応じて、緑の補間値を算出して  $G'[i,j]$  に設定する(図3S3)。

【0057】例えば、画像処理部11は、座標  $[i,j]$  に位置する画素を、縦横類似性を示す指標  $HV[i,j]$  の値と斜め類似性を示す指標  $DN[i,j]$  の値との組み合わせに応じて、以下のcase1~case9の何れかに分類する。

case1:  $(HV[i,j], DN[i,j]) = (1, 1)$ : 縦および斜め45度方向の類似性が強い。

case2:  $(HV[i,j], DN[i,j]) = (1, 0)$ : 縦方向の類似性が強い。

【0058】case3:  $(HV[i,j], DN[i,j]) = (1, -1)$ : 縦および斜め135度方向の類似性が強い。

case4:  $(HV[i,j], DN[i,j]) = (0, 1)$ : 斜め45度方向の類似性が強い。

case5:  $(HV[i,j], DN[i,j]) = (0, 0)$ : 全ての方向の類似性が強い、または、全ての方向の類似性が弱い、または、全ての方向の類似性が均等。

case6:  $(HV[i,j], DN[i,j]) = (0, -1)$ : 斜め135度方向の類似性が強い。

【0059】case7:  $(HV[i,j], DN[i,j]) = (-1, 1)$ : 横および斜め45度方向の類似性が強い。

case8:  $(HV[i,j], DN[i,j]) = (-1, 0)$ : 横方向の類似性が強い。

case9:  $(HV[i,j], DN[i,j]) = (-1, -1)$ : 横および斜め135度方向の類似性が強い。

そして、画像処理部11は、前述した分類に応じて、以下のようにして算出される値を、緑の補間値として  $G'[i,j]$  に設定する。

【0060】case1のとき、 $G'[i,j] = Gv45[i,j]$

case2のとき、 $G'[i,j] = Gv[i,j]$

case3のとき、 $G'[i,j] = Gv135[i,j]$

case4のとき、 $G'[i,j] = (Gv45[i,j] + Gh45[i,j])/2$

case5のとき、 $G'[i,j] = (Gv[i,j] + Gh[i,j])/2$

case6のとき、 $G'[i,j] = (Gv135[i,j] + Gh135[i,j])/2$

case7のとき、 $G'[i,j] = Gh45[i,j]$

case8のとき、 $G'[i,j] = Gh[i,j]$

case9のとき、 $G'[i,j] = Gh135[i,j]$

ただし、

$$\begin{aligned} Gv[i,j] = & (G[i,j-1] + G[i,j+1])/2 \\ & + (2 \cdot Z[i,j] - Z[i,j-2] - Z[i,j+2])/8 \\ & + (2 \cdot G[i-1,j] - G[i-1,j-2] - G[i-1,j+2] \\ & + 2 \cdot G[i+1,j] - G[i+1,j-2] - G[i+1,j+2])/16 \cdots \text{式4-3} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Gv45[i,j] = & (G[i,j-1] + G[i,j+1])/2 \\ & + (2 \cdot Z[i,j] - Z[i,j-2] - Z[i,j+2])/8 \\ & + (2 \cdot Z[i-1,j+1] - Z[i-1,j-1] - Z[i-1,j+3] \\ & + 2 \cdot Z[i+1,j-1] - Z[i+1,j-3] - Z[i+1,j+1])/16 \cdots \text{式4-4} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Gv135[i,j] = & (G[i,j-1] + G[i,j+1])/2 \\ & + (2 \cdot Z[i,j] - Z[i,j-2] - Z[i,j+2])/8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + (2 \cdot Z[i-1, j-1] - Z[i-1, j-3] - Z[i-1, j+1] \\
& + 2 \cdot Z[i+1, j+1] - Z[i+1, j-1] - Z[i+1, j+3]) / 16 \cdots \text{式 4 5} \\
Gh[i, j] = & (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2 \\
& + (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 8 \\
& + (2 \cdot G[i, j-1] - G[i-2, j-1] - G[i+2, j-1] \\
& + 2 \cdot G[i, j+1] - G[i-2, j+1] - G[i+2, j+1]) / 16 \cdots \text{式 4 6} \\
Gh45[i, j] = & (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2 \\
& + (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 8 \\
& + (2 \cdot Z[i+1, j-1] - Z[i-1, j-1] - Z[i+3, j-1] \\
& + 2 \cdot Z[i-1, j+1] - Z[i-3, j+1] - Z[i+1, j+1]) / 16 \cdots \text{式 4 7} \\
Gh135[i, j] = & (G[i-1, j] + G[i+1, j]) / 2 \\
& + (2 \cdot Z[i, j] - Z[i-2, j] - Z[i+2, j]) / 8 \\
& + (2 \cdot Z[i-1, j-1] - Z[i-3, j-1] - Z[i+1, j-1] \\
& + 2 \cdot Z[i+1, j+1] - Z[i-1, j+1] - Z[i+3, j+1]) / 16 \cdots \text{式 4 8}
\end{aligned}$$

である。

【0061】図5は、緑の補間値を算出する際に用いる色情報の位置を示す図である。図5において、丸印が付与された画素の色情報は、緑の補間値を構成する変曲情報に寄与する色情報である。図6は、 $(HV[i, j], DN[i, j])$ の値に対応する類似性の強い方向を示す図である。なお、図6では、「case5:  $(HV[i, j], DN[i, j]) = (0, 0)$ 」に対応する表示がされていないが、case5は、全ての方向の類似性が強い(平坦部)、または、全ての方向の類似性が弱い(孤立輝点)、または、全ての方向の類似性が均等(高密度のチェックパターン)であることに相当する。特に、高密度のチェックパターンは、本来の画像に存在せず、視覚的に目立ち、ノイズとして画質を低下させる。

【0062】そこで、第1の実施形態では、以下に示すように、case5に分類された画素の周辺画素に平滑化処

理を行うことによって、高密度のチェックパターンを除去する。まず、画像処理部11は、座標 $[i, j]$ に位置する画素(補間値を算出した画素)の縦横類似性を示す指標 $HV[i, j]$ の値と斜め類似性を示す指標 $DN[i, j]$ の値とが、共に0であるか否か(座標 $[i, j]$ に位置する画素がcase5に分類されたか否か)を判定する(図3S4)。

【0063】そして、画像処理部11は、指標 $HV[i, j]$ と指標 $DN[i, j]$ との値が共に0である場合(座標 $[i, j]$ に位置する画素がcase5に分類される場合)、座標 $[i+1, j]$ に位置する画素(補間値を算出した画素の右方向に隣接する画素)の平滑化処理の結果として、 $G'[i+1, j]$ を式49によって算出し、座標 $[i, j+1]$ に位置する画素(補間値を算出した画素の下方向に隣接する画素)の平滑化処理の結果として、 $G'[i, j+1]$ を式50によって算出する(図3S5)。

【0064】

$$G'[i+1, j] = (k1 \cdot G[i, j-1] + k2 \cdot G[i+1, j] + k3 \cdot G[i, j+1]) / (k1 + k2 + k3) \cdots \text{式 4 9}$$

$$G'[i, j+1] = (k4 \cdot G[i-1, j] + k5 \cdot G[i, j+1] + k6 \cdot G[i+1, j]) / (k4 + k5 + k6) \cdots \text{式 5 0}$$

ここで、式49に示す演算は、座標 $[i+1, j]$ に位置する画素の緑色成分の色情報を、座標 $[i, j-1]$ 、 $[i+1, j]$ 、 $[i, j+1]$ に位置する画素の緑色成分の色情報を加加重算した値に置き換えることに相当する。

【0065】また、式50に示す演算は、座標 $[i, j+1]$ に位置する画素の緑色成分の色情報を、座標 $[i-1, j]$ 、 $[i, j+1]$ 、 $[i+1, j]$ に位置する画素の緑色成分の色情報を加加重算した値に置き換えることに相当する。なお、式49および式50では、 $k1 \sim k6$ の値を変えることによって、平滑化の程度を変えることができるが、例えば、 $k1 \sim k6$ の値を「 $k1=k3=k4=k6=1$ 、 $k2=k5=2$ 」に設定することは、完全に平滑化することを意味する。また、平滑化を弱くする場合には、例えば、 $k1 \sim k6$ の値を「 $k1=k3=k4=k6=1$ 、 $k2=k5=6$ 」に設定すれば良い。

【0066】ところで、case5に分類されない画素の周辺に位置する画素では、平滑化処理の結果として、式49や式50のように算出される値を設定する必要はなく、緑色成分の色情報を、そのまま設定すれば良い。し

かし、case5に分類されない画素の上方向に隣接する画素と左方向に隣接する画素とは、先行する処理において、式49や式50のようにして算出される値が、平滑化処理の結果として設定されている可能性がある。

【0067】そこで、画像処理部11は、指標 $HV[i, j]$ と指標 $DN[i, j]$ との少なくとも1つの値が0でない場合(座標 $[i, j]$ に位置する画素がcase5に分類されない場合)、座標 $[i, j-1]$ に位置する画素(座標 $[i, j]$ に位置する画素の上方向に隣接する画素)に対する平滑化処理の結果を示す値 $G'[i, j-1]$ と、座標 $[i-1, j]$ に位置する画素(座標 $[i, j]$ に位置する画素の左方向に隣接する画素)に対する平滑化処理の結果を示す値 $G'[i-1, j]$ とを、以下の式51および式52のように、元の緑色成分の色情報に戻す(図3S6)。

【0068】

$$G'[i, j-1] = G[i, j-1] \cdots \text{式 5 1}$$

$$G'[i-1, j] = G[i-1, j] \cdots \text{式 5 2}$$

次に、画像処理部11は、G補間処理の対象となる全て

の画素の座標が $[i, j]$ に設定されたか否かを判定し（図 3 S 7）、G 補間処理の対象となる画素のうち、 $[i, j]$ に座標が設定されていない画素が存在する場合、図 3 S 2以降の処理を繰り返し行う。

【0069】したがって、第1の実施形態では、緑の補間値と平滑化処理の結果を示す値とが、 $G'[i, j]$ に設定されることになる。すなわち、補間処理と平滑化処理とが並行して行われることになる。以上説明したように、第1の実施形態では、緑色成分の色情報が欠落する画素が、case5に分類される場合、その画素の右方向に隣接する画素と下方向に隣接する画素との平滑化処理の結果を示す値として、局所領域内の緑色成分の色情報を加重加算した値を設定し、緑色成分の色情報が欠落する画素が、case5に分類されない場合、その画素の上方向に隣接する画素と左方向に隣接する画素との平滑化処理の結果を示す値として、元の緑色成分の色情報を設定する。

【0070】したがって、第1の実施形態では、平坦な領域、または、孤立輝点を示す領域、または、高密度のチェックパターンを示す領域が平滑化されるので、平滑化によって画像本来の構造が損なわれることがない。なお、第1の実施形態では、縦横類似性を示す指標HVと斜め類似性を示す指標DNとの設定を、緑色成分が欠落する全ての画素に対して予め行ってから、緑の補間値の算出と平滑化処理とを行っているが、指標HVおよび指標DNの設定は、各補間対象画素の緑の補間値を算出する直前に随時行われても良い。

【0071】また、第1の実施形態では、平滑化処理の結果を示す値として、case5に分類された画素に隣接する画素（ただし、第1の実施形態では、右方向に隣接する画素と下方向に隣接する画素に限られる）に、局所領域内の緑色成分の色情報を加重加算した値を設定し、case5に分類されない画素に隣接する画素（ただし、第1の実施形態では、上方向に隣接する画素と左方向に隣接する画素に限られる）に、元の緑色成分の色情報を設定することによって、平滑化処理を実現しているが、このような平滑化処理は、図7のようにして実現することもできる。

【0072】すなわち、図7において、画像処理部11  
 $(HV[i, j], DN[i, j]) = (0, 0)$  かつ  
 が成り立つか否かを判定する（図8 S 4）。

【0076】そして、条件1が成り立つ場合、補間値を算出した画素の右方向に隣接する画素（座標 $[i+1, j]$ に

$$G'[i+1, j] = (k1 \cdot G[i, j-1] + k2 \cdot G[i+1, j] + k3 \cdot G[i, j+1]) / (k1 + k2 + k3) \cdots \text{式 4 9}$$

によって算出する（図8 S 5）。

【0077】すなわち、画像処理部11は、縦横間で類似性に区別つかない画素に左右が挟まれる画素に対してのみ、平滑化処理の結果として、式49で算出される値を設定することになる。また、画像処理部11は、座

$$(HV[i, j], DN[i, j]) = (0, 0) \text{ かつ}$$

が成り立つか否かを判定する（図8 S 6）。そして、条

は、 $[i, j]$ にG補間処理の対象となる画素の座標を順次設定し、G補間処理の対象となる画素に緑の補間値の算出を行う（図7 S 3）と共に、G補間処理の対象となる画素がcase5に分類された場合には（図7 S 4のYES側）、その画素に隣接する4つの画素の平滑化処理の結果を示す値として、局所領域内の緑色成分の色情報を加重加算した値を設定する（図7 S 5）。そして、G補間処理の対象となる全ての画素に対して、これらの処理が完了すると、 $[i, j]$ にG補間処理の対象となった画素の座標を順次設定し、G補間処理の対象となった画素がcase5に分類されない場合には（図7 S 8のNO側）、その画素に隣接する4つの画素の平滑化処理の結果を示す値として、元の緑色成分の色情報を設定する（図7 S 9）。

【0073】《第2の実施形態》図8は、第2の実施形態における画像処理部11の動作フローチャートであるが、画像処理部11の動作のうち、G補間処理および平滑化処理の動作を示している。以下、第2の実施形態の動作を説明するが、ここでは、図8を参照して画像処理部11によるG補間処理および平滑化処理の動作を説明し、他の動作の説明は省略する。なお、第2の実施形態は、請求項1、請求項2、請求項5ないし請求項8、請求項11ないし請求項13に対応する。

【0074】まず、画像処理部11は、第1の実施形態と同様に、緑色成分が欠落する全ての画素に対し、縦方向および横方向の類似度を算出して、縦横類似性を示す指標HVを設定すると共に、斜め方向の類似度を算出して、斜め類似性を示す指標DNを設定する（図8 S 1）。次に、画像処理部11は、第1の実施形態と同様に、G補間処理を行うべき画素の座標を $[i, j]$ に設定し（図8 S 2）、縦横類似性を示す指標HV $[i, j]$ の値と斜め類似性を示す指標DN $[i, j]$ の値との組み合わせに応じて、緑の補間値 $G[i, j]$ を算出する（図8 S 3）。

【0075】次に、画像処理部11は、座標 $[i, j]$ に位置する画素の縦横類似性を示す指標HV $[i, j]$ および斜め類似性を示す指標DN $[i, j]$ の値と、座標 $[i+2, j]$ に位置する画素の縦横類似性を示す指標HV $[i+2, j]$ および斜め類似性を示す指標DN $[i+2, j]$ の値の値とに、

$$(HV[i+2, j], DN[i+2, j]) = (0, 0) \cdots \text{条件 1}$$

位置する画素) に対する平滑化処理の結果として、 $G'[i+1, j]$ を、

座標 $[i, j]$ に位置する画素の縦横類似性を示す指標HV $[i, j]$ および斜め類似性を示す指標DN $[i, j]$ の値と、座標 $[i, j+2]$ に位置する画素の縦横類似性を示す指標HV $[i, j+2]$ および斜め類似性を示す指標DN $[i+2, j]$ の値とに、

$$(HV[i, j+2], DN[i, j+2]) = (0, 0) \cdots \text{条件 2}$$

条件2が成り立つ場合、補間値を算出した画素の下方向に

隣接する画素（座標 $[i,j+1]$ に位置する画素）に対する

$$G'[i,j+1]=(k4 \cdot G[i-1,j]+k5 \cdot G[i,j+1]+k6 \cdot G[i+1,j])/(k4+k5+k6) \cdots \text{式50}$$

によって算出する（図8S7）。

【0078】すなわち、画像処理部11は、縦横間で類似性に区別つかない画素に上下が挟まれる画素に対してのみ、平滑化処理の結果として、式50で算出される値を設定することになる。次に、画像処理部11は、G補間処理の対象となる全ての画素の座標が $[i,j]$ に設定されたか否かを判定し（図8S8）、G補間処理の対象となる画素のうち、 $[i,j]$ に座標が設定されていないが

画素が存在する場合、図8S2以降の処理を繰り返し行う。  
【0079】すなわち、第2の実施形態では、緑の補間値と平滑化処理の結果を示す値とが、 $G'[i,j]$ に設定されることになる。以上説明したように、第2の実施形態では、緑色成分の色情報が存在する画素のうち、縦横間で類似性に区別つかない画素に挟まれる画素に対してのみ、平滑化処理の結果を示す値として、局所領域内の緑色成分の色情報を加重加算した値を設定する。

$$(HV[i,j], DN[i,j])=(0,0) \text{ かつ } (HV[i+1,j+1], DN[i+1,j+1])=(0,0) \cdots \text{条件3}$$

また、前述した各実施形態では、緑の補間値が算出される前に設定した縦横類似性を示す指標HVと、斜め類似性を示す指標DNとを用いて、式49や式50の演算を行うか否かの判定（図3S4、図8S4やS6に相当する）を行っているが、このような判定を行う際に用いる指標は、緑の補間値を算出した状態で改めて設定し直しても良い。

【0082】さらに、前述した各実施形態では、縦横類似性を示す指標HVと、斜め類似性を示す指標DNとを用いて、式49や式50の演算を行うか否かの判定（図3S4、図8S4やS6に相当する）を行っているが、このような判定は、縦横類似性を示す指標HVのみを用いても良い。

《第3の実施形態》図9は、第3の実施形態における画像処理部11の動作フローチャートであるが、画像処理部11の動作のうち、平滑化処理の動作を示している。

【0083】なお、第3の実施形態では、平滑化処理の対象となる画像として、予め補間処理が行われ、全ての画素に対して緑色成分の色情報が存在する画像を用いるが、第3の実施形態の平滑化処理は、表色系を交換することによって得られる輝度を示す画像に対して行うこともできる。また、第3の実施形態の平滑化処理は、画像内の全ての画素に対して行っても良いが、第1の実施形

平滑化処理の結果として、 $G'[i,j+1]$ を、

【0080】したがって、第2の実施形態では、第1の実施形態と同様に、平坦な領域、または、孤立輝点を示す領域、または、高密度のチェックパターンを示す領域が平滑化されるので、平滑化によって画像本来の構造が損なわれることがない。また、第2の実施形態では、縦横間で類似性に区別つかない画素に挟まれる画素に対してのみ、平滑化処理の結果として、式49や式50で算出された値が設定されるので、第1の実施形態が必要であって「 $G'[i,j-1]$ と $G'[i-1,j]$ とを元の緑色成分の色情報に戻す処理（図3S6）」が不要となる。

【0081】なお、第2の実施形態では、条件1が成り立つ場合に $G'[i+1,j]$ を式49によって算出し、条件2が成り立つ場合に $G'[i,j+1]$ を式50によって算出しているが、以下の条件3が成り立つ場合、式49および式50によって $G'[i+1,j]$ および $G'[i,j+1]$ を算出しても良い。

態および第2の実施形態の座標 $[i,j-1]$ に位置する画素のように、緑色成分の色情報が元々存在する画素のみを平滑化処理の対象としても良い。

【0084】以下、第3の実施形態の動作を説明するが、ここでは、図9を参照して画像処理部11による平滑化処理の動作を説明し、他の動作の説明は省略する。なお、第3の実施形態は、請求項1ないし請求項4、請求項12、請求項13に対応する。まず、画像処理部11は、平滑化処理の対象となる画素の座標を $[m,n]$ に設定する（図9S1）。

【0085】なお、図9S1の処理は繰り返し行われるが、このような繰り返しの過程において、 $[m,n]$ には、画像の左上から右下に至るまでの画素のうち、平滑化処理の対象となる画素の座標が順次設定されるものとする。次に、画像処理部11は、座標 $[m,n]$ における縦方向および横方向の類似度を算出して、縦横類似性を示す指標HV $[m,n]$ を設定すると共に、斜め方向の類似度を算出して、斜め類似性を示す指標DN $[m,n]$ を設定する（図9S2）。

【0086】例えば、画像処理部11は、座標 $[m,n]$ における縦方向の類似度 $Cv[m,n]$ 、横方向の類似度 $Ch[m,n]$ 、斜め45度方向の類似度 $C45[m,n]$ および斜め135度方向の類似度 $C135[m,n]$ を、

$$\begin{aligned} Cv[m,n] = & |G[m,n]-G[m,n-1]|+|G[m,n]-G[m,n+1]| \\ & +|G[m-1,n]-G[m-1,n-1]|+|G[m-1,n]-G[m-1,n+1]| \\ & +|G[m+1,n]-G[m+1,n-1]|+|G[m+1,n]-G[m+1,n+1]| \cdots \text{式53} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ch[m,n] = & |G[m,n]-G[m-1,n]|+|G[m,n]-G[m+1,n]| \\ & +|G[m,n-1]-G[m-1,n-1]|+|G[m,n-1]-G[m+1,n-1]| \\ & +|G[m,n+1]-G[m-1,n+1]|+|G[m,n+1]-G[m+1,n+1]| \cdots \text{式54} \end{aligned}$$

$$C45[m,n]=|G[m,n]-G[m-1,n+1]|+|G[m,n]-G[m+1,n-1]|$$

$$\begin{aligned}
 &+|G[m-1,n]-G[m,n-1]|+|G[m,n+1]-G[m+1,n]| \cdots \text{式 5 5} \\
 C135[m,n] &=|G[m,n]-G[m-1,n-1]|+|G[m,n]-G[m+1,n+1]| \\
 &+|G[m-1,n]-G[m,n+1]|+|G[m,n-1]-G[m+1,n]| \cdots \text{式 5 6}
 \end{aligned}$$

によって算出する。

【0087】次に、画像処理部11は、任意の閾値Th1について、

$$|Cv[m,n]-Ch[m,n]| \leq Th1$$

が成り立つ場合、縦横間で類似性に区別がつかないと判定して指標HV[m,n]に0を設定し、

$$|Cv[m,n]-Ch[m,n]| > Th1 \text{ かつ } Cv[m,n] < Ch[m,n]$$

が成り立つ場合、横方向よりも縦方向の類似性が強いと判定して指標HV[m,n]に1を設定し、

$$|Cv[m,n]-Ch[m,n]| > Th1 \text{ かつ } Cv[m,n] \geq Ch[m,n]$$

が成り立つ場合、縦方向よりも横方向の類似性が強いと判定して指標HV[m,n]に-1を設定する。

【0088】また、画像処理部11は、任意の閾値Th2について、

$$|C45[m,n]-C135[m,n]| \leq Th2$$

が成り立つ場合、斜め方向間で類似性に区別がつかない

$$\begin{aligned}
 G'[m,n] &= (k1 \cdot G[m-1,n-1] + k2 \cdot G[m+1,n-1] + k3 \cdot G[m,n] + k4 \cdot G[m-1,n+1] \\
 &+ k5 \cdot G[m+1,n+1]) / (k1 + k2 + k3 + k4 + k5) \cdots \text{式 5 7}
 \end{aligned}$$

によって算出する(図9S4)。

【0090】すなわち、式57に示す演算は、座標[m,n]に位置する画素の緑色成分の色情報を、座標[m-1,n-1]、[m+1,n-1]、[m,n]、[m-1,n+1]、[m+1,n+1]に位置する画素の緑色成分の色情報を加重加算した値に置き換えることに相当する。式57では、k1~k5の値を変えることによって、平滑化の度合いを変えることができるが、

$$G'[m,n] = (k1 \cdot G[m-1,n-1] + k2 \cdot G[m+1,n-1] + k3 \cdot G[m,n]) / (k1 + k2 + k3) \cdots \text{式 5 7'}$$

式57'において、k1,k2,k3の比率としては、例えば、「k1:k2:k3=1:2:1」や「k1:k2:k3=1:6:1」などが考えられる。ところで、上述した各実施形態において、平滑化処理の結果として算出されるG'[i+1,j]は、座標[i,j-1]、[i+1,j]、[i,j+1]に位置する画素の緑色成分の色情報だけでなく、座標[i+2,j-1]、[i+2,j+1]に位置する画素の緑色成分の色情報を加重加算して算出しても良い。また、G'[i,j+1]は、座標[i-1,j]、[i,j+1]、[i+1,j]に位置する画素の緑色成分の色情報だけでなく、座標[i-1,j+2]、[i+1,j+2]に位置する画素の緑色成分の色情報を加重加算して算出しても良い。

【0092】すなわち、本発明において、平滑化処理の対象となる画素は、その画素の緑色成分の色情報と、その画素の斜め方向に隣接する画素の緑色成分の色情報とを用いて平滑化が行われることになる。次に、画像処理部11は、平滑化処理の対象となる全ての画素の座標が[m,n]に設定されたか否かを判定し(図9S5)、平滑化処理の対象となる画素のうち、[m,n]に座標が設定されていないが画素が存在する場合、図9S1以降の処理を繰り返し行う。

【0093】すなわち、第3の実施形態では、平滑化処

と判定して指標DN[m,n]に0を設定し、

$$|C45[m,n]-C135[m,n]| > Th2 \text{ かつ } C45[m,n] < C135[m,n]$$

が成り立つ場合、斜め135度方向よりも斜め45度方向の類似性が強いと判定して指標DN[m,n]に1を設定し、

$$|C45[m,n]-C135[m,n]| > Th2 \text{ かつ } C45[m,n] \geq C135[m,n]$$

が成り立つ場合、斜め45度方向よりも斜め135度方向の類似性が強いと判定して指標DN[m,n]に-1を設定する。

【0089】以上説明したようにして、縦横類似性を示す指標HV[m,n]と斜め類似性を示す指標DN[m,n]とを設定すると、画像処理部11は、指標HV[m,n]の値と指標DN[m,n]の値とが、共に0であるか否かを判定する(図9S3)。そして、画像処理部11は、指標HV[m,n]と指標DN[m,n]との値が共に0である場合、座標[m,n]に位置する画素に対する平滑化処理の結果として、G'[m,n]を、

例えば、k1~k5の値を「k1=k2=k4=k5=1、k3=4」に設定することは、完全に平滑化することを意味する。また、平滑化を弱くする場合には、k1~k5の値を「k1=k2=k4=k5=1、k3=12」に設定すれば良い。

【0091】なお、G'[m,n]は、式57に代えて以下の式57'によって算出して良い。

理の結果を示す値が、G'[m,n]に設定されることになる。以上説明したように、第3の実施形態では、縦横間および斜め方向間で類似性に区別がつかない画素に対してのみ、平滑化処理の結果を示す値として、局所領域内の緑色成分の色情報を加重加算した値を設定するので、平坦な領域、または、孤立輝点を示す領域、または、高密度のチェックパターンを示す領域が平滑化されることになり、平滑化によって画像本来の構造が損なわれることがない。

【0094】なお、第3の実施形態では、縦横類似性を示す指標HVと、斜め類似性を示す指標DNとを用いて、式57の演算を行うか否かの判定(図9S3に相当する)を行っているが、このような判定は、縦横類似性を示す指標HVのみを用いて行っても良い。

《第4の実施形態》以下、第4の実施形態の動作を説明する。

【0095】なお、第4の実施形態は、請求項14ないし請求項16に記載の画像処理プログラムを記録した記録媒体を用いて、図1に示すPC18によって画像処理を実行することに相当する。

【0096】ただし、PC18には、CD-ROM28

などの記録媒体に記録された画像処理プログラム（前述した各実施形態の画像処理部 11 と同様にして補間処理や平滑化処理を実行する画像処理プログラム）が予めインストールされているものとする。すなわち、PC 18 内の不図示のハードディスクには、このような画像処理プログラムが不図示の CPU によって実行可能な状態に格納されている。

【0097】以下、図 1 を参照して第 4 の実施形態の動作を説明する。まず、電子カメラ 1 は、操作部 24 を介し、操作者によって撮影モードが選択されてリリースボタンが押されると、撮像素子 21 で生成されてアナログ信号処理部 22 で所定のアナログ信号処理が施された画像信号を、A/D 変換部 10 でデジタル化し、画像データとして、画像処理部 11 に供給する。画像処理部 11 は、このようにして供給された画像データに対し、補間処理や平滑化処理を除く画像処理（例えば、γ 補正や輪郭強調等）を行う。画像処理が完了した画像データは、メモ리카ード用インタフェース部 17 を介してメモ리카ード 16 に記録される。

【0098】次に、電子カメラ 1 は、操作部 24 を介し、操作者によって PC 通信モードが選択された状態で、外部インタフェース部 19 を介し、PC 18 から画像データの転送が指示されると、その指示に対応する画像データを、メモ리카ード用インタフェース部 17 を介してメモ리카ード 16 から読み出す。そして、このようにして読み出した画像データを、外部インタフェース部 19 を介して PC 18 に供給する。

【0099】PC 18 内の不図示の CPU は、このようにして画像データが供給されると、前述した画像処理プログラムを実行する。なお、このような画像処理プログラムの実行によって補間処理や平滑化処理が行われた画像データは、必要に応じて圧縮処理して不図示のハードディスクに記録したり、ディスプレイ 26 やプリンタ 27 で採用されている表色系に変換して各々に供給しても良い。

【0100】以上説明したように、第 4 の実施形態では、前述した各実施形態と同様の画像処理（補間処理や平滑化処理）を PC 18 によって行うことができる。なお、PC 18 内の不図示の CPU は、前述したように画像データが記録されたメモ리카ード 16 が装着された場合、そのメモ리카ード 16 から画像データを読み出し、前述した画像処理プログラムを実行しても良い。

【0101】また、PC 18 内の不図示の CPU は、電子カメラ 1 の画像処理部 11 で補間処理や平滑化処理が行われた画像データであっても、その画像データが、PC 18 への転送に際して伝送量の削減のために解像度が 1/4 に引き下げられている場合、前述した画像処理プログラムを実行しても良い。

【0102】

【発明の効果】以上説明したように、請求項 1 および請

求項 14 に記載の発明は、着目画素と着目画素の周辺に位置する画素との相関に応じて、着目画素の少なくとも 1 つの色成分に対し、選択的に平滑化を行う。請求項 3 および請求項 15 に記載の発明は、類似度が特定の特徴を示す画素と、その画素の近傍に位置する画素とから選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う。請求項 5 および請求項 16 の発明は、補間の対象となる画素のうち、類似度が特定の特徴を示す画素に隣接する画素から選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う。請求項 11 に記載の発明は、類似度が特定の特徴を示す複数の画素に隣接する画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う。

【0103】したがって、請求項 1、請求項 3、請求項 5、請求項 11、請求項 14 ないし請求項 16 に記載の発明によれば、画像データの全体が一様に平滑化されることがないので、画像本来の構造を残しつつ、平滑化を行うことが可能である。また、請求項 2 に記載の発明は、着目画素および着目画素に隣接する画素が有する色成分の色情報を用いて平滑化を行い、請求項 4 および請求項 6 に記載の発明は、平滑化の対象となる画素およびその画素に隣接する画素が有する色成分の色情報を用いて平滑化を行うので、平滑化に際して局所領域内の少ない画素数を用いた計算によって所望の平滑化効果を達成することができる。

【0104】請求項 8 に記載の発明は、補間を伴う平滑化を行うべき色成分を確実に選択することができる。請求項 9 および請求項 10 に記載の発明は、類似度が特定の特徴を示さない画素に隣接する画素のように、平滑化が不要の画素に平滑化が行われた場合であっても、その画素の色成分の色情報を元の状態に復元することができる。

【0105】請求項 12 および請求項 13 に記載の発明は、少なくとも 2 つの異なる方向に対する類似度が同程度となる画素に隣接する画素から選択した画素が有する色成分の色情報に平滑化を行う。そのため、平坦部に限らず高密度のチェックパターンや孤立輝点に対しても平滑化が行われ、構造が方向性を持って変化する部分では平滑化が行われないので、画像本来の解像度が低下したり、偽色が発生することがない。

【0106】したがって、請求項 2、請求項 4、請求項 6、請求項 8 ないし請求項 10、請求項 12、請求項 13 に記載の発明によれば、平滑化に際して画像本来の構造を確実に保持させることができる。また、請求項 7 に記載の発明は、補間に並行して平滑化を行うので、補間を伴う平滑化を速やかに行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】電子カメラの機能ブロック図である。

【図 2】第 1 の実施形態および第 2 の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図である。

【図 3】第 1 の実施形態における画像処理部の動作フロ



ーチャートである。

【図4】類似度成分の加重加算を説明する図である。

【図5】緑の補間値を算出する際に用いる色情報の位置を示す図である。

【図6】 $(HV[i,j], DN[i,j])$ の値に対応する類似性の強い方向を示す図である。

【図7】第1の実施形態に類似する画像処理部の動作フローチャートである。

【図8】第2の実施形態における画像処理部の動作フローチャートである。

【図9】第3の実施形態における画像処理部の動作フローチャートである。

【図10】色情報の値の例を示す図である。

【符号の説明】

- 1 電子カメラ
- 10 A/D変換部
- 11 画像処理部

- 12 制御部
- 13 メモリ
- 14 圧縮／伸長部
- 15 表示画像生成部
- 16 メモリカード
- 17 メモリカード用インタフェース部
- 18 PC（パーソナルコンピュータ）
- 19 外部インタフェース部
- 20 撮影光学系
- 21 撮像素子
- 22 アナログ信号処理部
- 23 タイミング制御部
- 24 操作部
- 25 モニタ
- 26 ディスプレイ
- 27 プリンタ
- 28 CD-ROM

【図2】

第1の実施形態および第2の実施形態における画像データの色成分の配列を示す図

座標[X,Y]	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	B	G	B	G	B	G	B
j-2	G	R	G	R	G	R	G
j-1	B	G	B	G	B	G	B
j	G	R	G	R	G	R	G
j+1	B	G	B	G	B	G	B
j+2	G	R	G	R	G	R	G
j+3	B	G	B	G	B	G	B

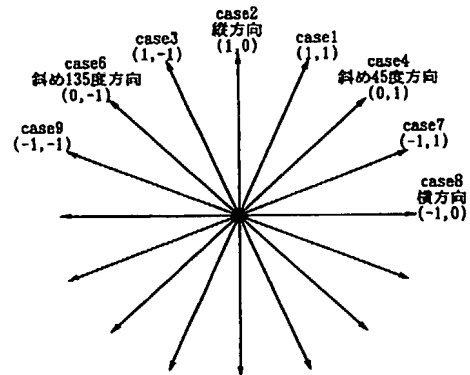
(1)

座標[X,Y]	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	R	G	R	G	R	G	R
j-2	G	B	G	B	G	B	G
j-1	R	G	R	G	R	G	R
j	G	B	G	B	G	B	G
j+1	R	G	R	G	R	G	R
j+2	G	B	G	B	G	B	G
j+3	R	G	R	G	R	G	R

(2)

【図6】

$(HV[i,j], DN[i,j])$ の値に対応する類似性の強い方向を示す



【図4】

類似度成分の加重加算を説明する図

1		1
	4	
1		1

× 1/8

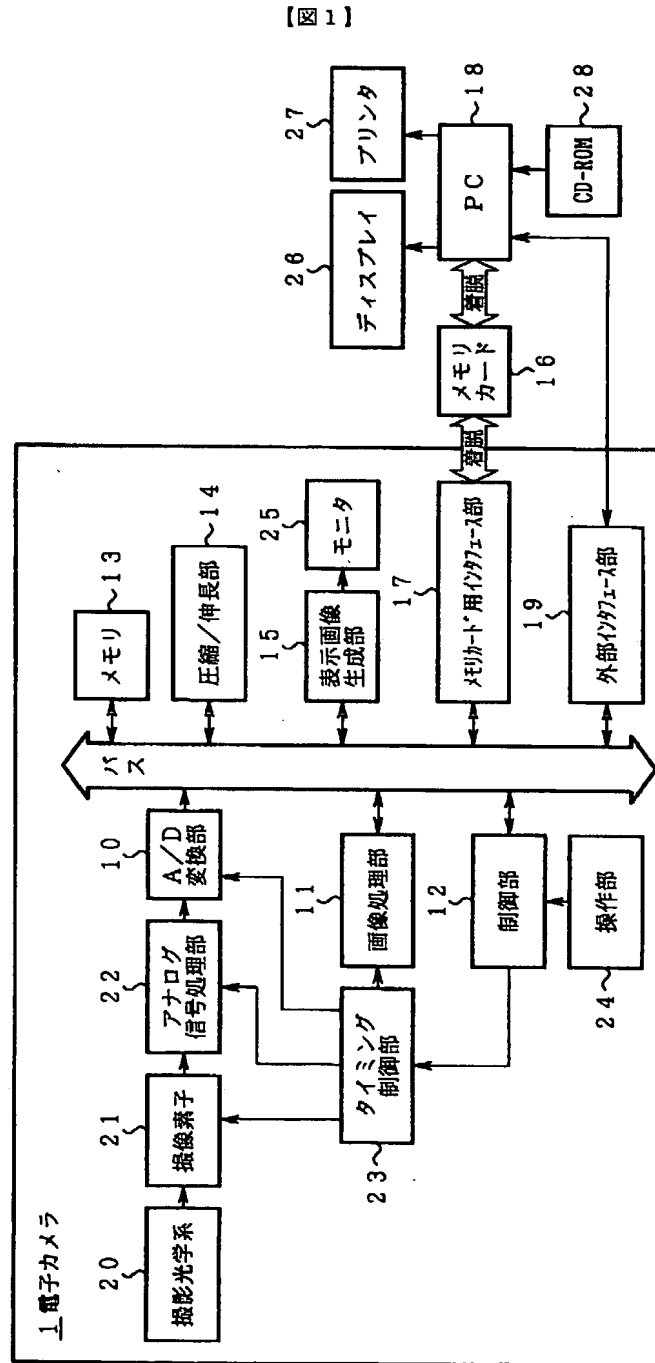
(1) 方法1に相当する類似度成分の加重加算

		1		
	2		2	
1		4		1
	2		2	
		1		

× 1/16

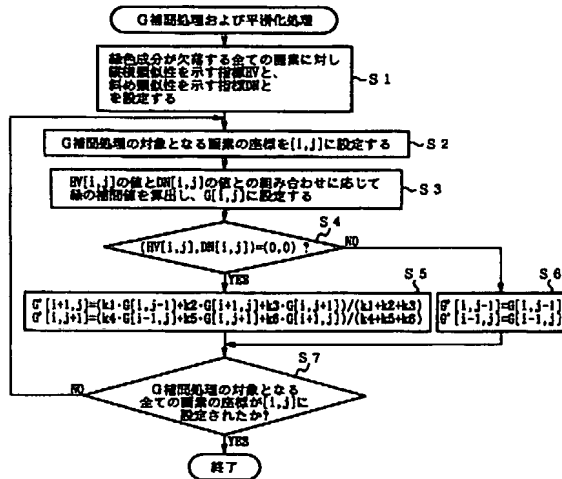
(2) 方法2に相当する類似度成分の加重加算

電子カメラの機能ブロック図



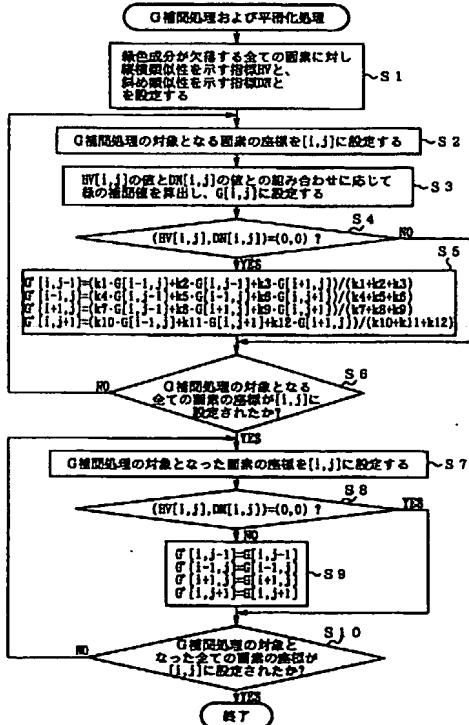
【図 3】

第 1 の実施形態における画像処理部の動作フローチャート



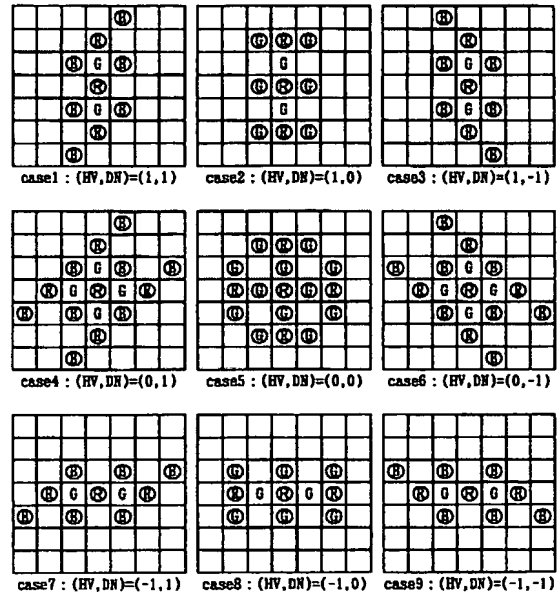
【図 7】

第 1 の実施形態に類似する画像処理部の動作フローチャート



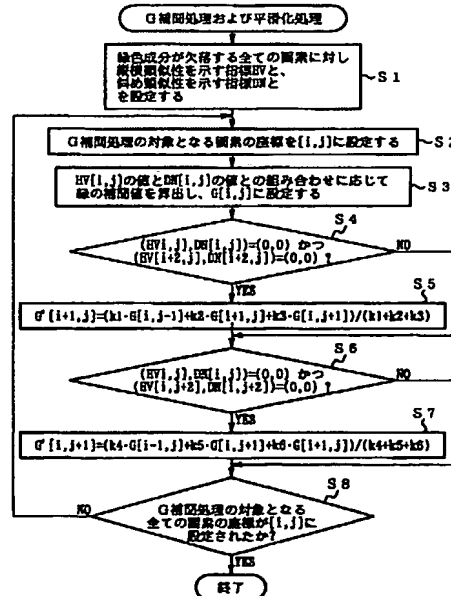
【図 5】

緑の補間値を算出する際に用いる色情報の位置を示す図



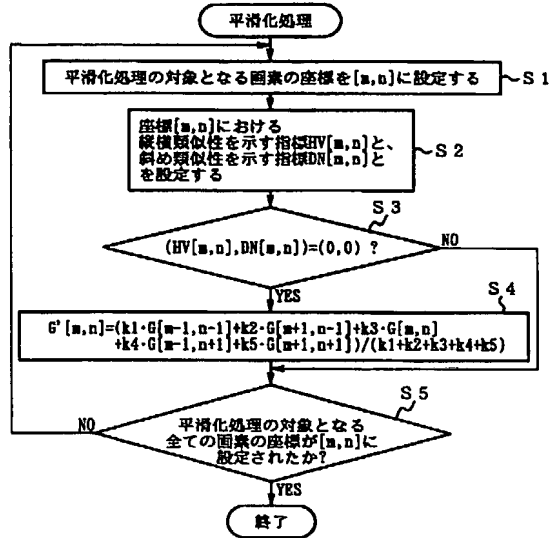
【図 8】

第 2 の実施形態における画像処理部の動作フローチャート



【図 9】

第3の実施形態における画像処理部の動作フローチャート



【図 10】

格子パターンを示す画像の色情報の値の例を示す図

座標[X,Y]	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150
j-2	G=100	B=150	G=100	B=150	G=100	B=150	G=100
j-1	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150
j	G=100	B=150	G=100	B=150	G=100	B=150	G=100
j+1	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150
j+2	G=100	B=150	G=100	B=150	G=100	B=150	G=100
j+3	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150	G=200	B=150

(1)

格子パターンを示す画像に補間処理を行った後の  
緑色成分の値の例を示す図

座標[X,Y]	i-3	i-2	i-1	i	i+1	i+2	i+3
j-3	150	200	150	200	150	200	150
j-2	100	150	100	150	100	150	100
j-1	150	200	150	200	150	200	150
j	100	150	100	150	100	150	100
j+1	150	200	150	200	150	200	150
j+2	100	150	100	150	100	150	100
j+3	150	200	150	200	150	200	150

(2)

フロントページの続き

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>H04N 1/60  
9/64

識別記号

F I

H04N 1/46  
1/40

テーマコード\* (参考)

Z 5 L 0 9 6  
D

F ターム (参考) 5B057 CA01 CA08 CA12 CA16 CB01  
CB08 CB12 CB16 CC02 CE05  
CE16 CH09 DC25  
5C065 AA03 BB22 BB48 EE03 GG13  
GG32  
5C066 AA01 CA08 EF12 GA01 GB03  
KA12 KD06 KE01 KM05 KP05  
5C077 LL05 PP02 PP32 PP48 PQ12  
PQ18 PQ25 RR19 SS01 TT09  
5C079 HB01 JA13 LA14 LA28 MA02  
MA11 NA02 PA05  
5L096 AA02 AA06 BA08 DA01 EA06  
EA33 FA34 JA03 JA11 MA07

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**